



AMPLIACIÓN DE LA RED DE REGISTRO SÍSMICO BASADA EN UNA REGIONALIZACIÓN SISMOTECTÓNICA PRELIMINAR DEL ESTADO DE VERACRUZ

Guadalupe Riquer Trujillo¹, Francisco Williams Linera¹, Javier Lermo Samaniego², Regino Leyva Soberanis¹, Iris Neri Flores¹ y Jesús Santamaría López³.

RESUMEN

Se hace una propuesta de ampliación de la red de instrumentación para el monitoreo sísmico en el Estado de Veracruz, que permita estimar a futuro con mayor precisión la respuesta dinámica de los suelos, y poder reducir el riesgo sísmico en las construcciones. Para optimizar recursos, el proyecto reconoce los esfuerzos aislados de estaciones de registro sísmico existentes, y parte además de una propuesta preliminar de subdivisión del Estado de Veracruz en regiones sismotectónicas, que se inició con la elaboración y análisis de un catálogo de sismos históricos (1523-1900) y un catálogo de sismos instrumentales (1900-2008).

ABSTRACT

This job is a proposal to expand the network of instrumentation for monitoring seismic in the state of Veracruz, to permit in the future to estimate with greater precision the dynamic response of the soil, and it can reduce the seismic risk in buildings. In order optimize resources, the project recognizes the isolated efforts of existing seismic recording stations, and also part of a preliminary proposal for subdivision of the state of Veracruz in seismotectonic regions, which began with the design and analysis of a catalog of historic earthquakes (1523 -1900) and a catalog of earthquakes instrumentals (1900-2008).

INTRODUCCIÓN

Los sismos frecuentemente han sido relacionados con términos como la destrucción y daños en las construcciones, y en consecuencia con pérdidas económicas y de vidas humanas. Para tomar medidas preventivas, y mitigar los efectos del fenómeno, es necesario identificar las zonas que son fuentes potenciales de generación de sismos.

Los sismos de grandes magnitudes en México han tenido sus epicentros en las costas del Océano Pacífico, sin embargo, sismos importantes han ocurrido en el centro y sur de Veracruz que requieren de mayor información para ser analizados. Una herramienta de gran valor para esta tarea, es contar con una densidad y cobertura adecuada en una red de instrumentación de registro sísmico.

La instrumentación en el Estado, tienen sus inicios a principios del siglo pasado con la instalación de un sismógrafo Wiechert en una estación en la ciudad de Veracruz, la cual deja de funcionar en 1997. Formaba parte de las primeras acciones organizadas en México para el registro y estudio de los sismos.

1 Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. S. S. Juan Pablo II, s/n, Campus Mocambo, Fracc. Costa Verde, C.P. 94294, Boca del Río, Ver., México, Tel. (229) 7752000 ext. 7, guadaluperiquer@yahoo.com.mx

2 Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Torre de Ingeniería, 2do. Piso, Cd. Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, México, D.F., Tel. (55) 56233500 ext.1264, jles@pumas.iingen.unam.mx

3 Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Calzada. Adolfo Ruiz Cortines s/n, Fracc. Costa Verde, C.P. 94294, Boca del Río, Ver., México, Tel. (229) 921-61-21, 921-87-55

Los sismos del 85 revelan la enorme vulnerabilidad de la población ante el fenómeno en México, y atrae el interés de las autoridades, que llevan a cabo acciones importantes en la instrumentación sísmica, principalmente de la ciudad de México y costas del Pacífico.

La propuesta de instrumentación para el monitoreo sísmico en el estado de Veracruz y el Golfo de México, que se hace en este trabajo, surge de un previo análisis de la sismicidad del Estado y propone localidades, y coordenadas geográficas aproximadas de la localización de estaciones de registro, así como recomendaciones de equipos. Se inició con la elaboración de un catálogo de sismos históricos preinstrumentales (1523-1900), y en una segunda etapa se elaboró y analizó un catálogo de sismos instrumentales (1900-2008). Posteriormente se hizo un análisis de la fisiografía del Estado para con los elementos antes mencionados establecer una propuesta preliminar de subdivisión del Estado de Veracruz en regiones sismotectónicas.

La distribución de instrumentación propuesta, va de la mano con la búsqueda de la optimización de recursos, y considera los esfuerzos y avances aislados de algunas dependencias que ya tienen redes y estaciones, no solo en el estado de Veracruz, sino en las cercanías de los estados colindantes. Pretende cubrir aquellas áreas de interés que están fuera de la cobertura de la instrumentación instalada y evidenciar la necesidad de permanencia de aquellas que pudieran ser estaciones temporales.

JUSTIFICACIÓN

Según la Regionalización Sísmica propuesta en el Manual de Diseño de Obras Civiles para el Diseño por Sismo de 1993 de la CFE (figura 1), el 80 % del área del Estado de Veracruz, está potencialmente expuesta a un riesgo sísmico de moderado a alto y en esta área, se concentra el 90 % de la población y las construcciones del Estado. Sin embargo, su potencial sísmico no ha sido suficientemente estudiado a pesar de las evidencias sísmicas históricas desafortunadas, como por ejemplo los sismos de Jáltipan de 1959 y el de Jalapa de 1920.

Pueden cometerse errores en la estimación del *peligro sísmico*, sobre todo en sitios cercanos a posibles fallas por ahora desconocidas, y que pueden ser causantes de grandes temblores locales.

Para evaluar el *peligro sísmico*, se requiere determinar dónde ocurren los sismos y la tasa de actividad sísmica, y constituye uno de los primeros pasos para analizar el origen y sus efectos, para estimar a continuación el *riesgo sísmico*, relacionado con las pérdidas esperadas por el fenómeno.

Una planeada densidad de instrumentación instalada, constituye un invaluable apoyo, que seguramente nos llevará a tomar las medidas necesarias de prevención de los efectos del fenómeno entre la población civil y la economía de Veracruz, ya sea a través de normas para la construcción de estructuras sismoresistentes y en planes de contingencias entre otras.

CATÁLOGO DE SISMOS HISTÓRICO (1523-1910)

Los sismos históricos de la época preinstrumental pueden revelarnos un amplio conocimiento de la sismicidad de una región. La actividad sísmica puede ser de larga periodicidad, y si nos limitamos solo a los registros instrumentales, corremos el riesgo de omitir la presencia de sismos importantes y de magnitud considerable.

El primer terremoto en el estado de Veracruz, al que hacen mención los españoles después de la conquista, es el ocurrido en la sierra, posiblemente cerca del Valle de Tehuacán entre los Estados de Veracruz y Puebla el 1º de abril de 1523, y es hasta 1910 cuando en el gobierno de Porfirio Díaz se instala por primera vez una estación de registro sísmico instrumental en la ciudad de Veracruz. Es por ello que se estableció para este trabajo y como una primera etapa, la elaboración del catálogo de sismos en el período comprendido entre 1523 y 1910. La metodología usada para la elaboración de este catálogo, consistió en una recopilación bibliográfica y de Internet que a su vez contiene una selección ardua de diferentes fuentes. Se seleccionó aquella que incluía al Estado, conformando la base de datos de 220 sismos históricos preinstrumentales de Veracruz.

Esta base de datos, quedó enriquecida al complementarse con datos de diversas fuentes con observaciones como son fechas de ocurrencia, características del movimiento y lugares de afectación del sismo, así como el análisis del tipo de respuesta que la gente de la época preinstrumental tenía conforme estos eventos se suscitaban.



Figura 1.- Regionalización Sísmica CFE-93

De las fuentes consultadas, destaca por ser la más completa: “Los Sismos en la historia de México”, de Virginia García Acosta y Gerardo Suárez Reynoso.

De la interpretación de las reseñas presentadas en el Catalogo Histórico fue posible ubicar zonas en donde se localizaron los epicentros (figura 2).

CATÁLOGO DE SISMOS INSTRUMENTALES (1910-2008)

Este catálogo contiene datos de registros instrumentales que comprende una segunda etapa, que da inicio en el Estado a principios del siglo XX. Para la elaboración del catálogo instrumental, se consideraron factores como la diversidad de aparatos de registro y la permanencia de los mismos, las técnicas usadas para la obtención de parámetros sísmicos y las imprecisiones atribuibles a la distancia de los aparatos de registro, entre otras cosas. Se evaluó el estado de homogeneidad y completitud del catálogo. Para su recopilación, se recurrió a catálogos de sismos instrumentales para la República Mexicana elaborados por investigadores y organismos nacionales e internacionales, los cuales se complementaron entre sí. Se trabajó con cada una de las fuentes para alcanzar la uniformidad de los datos, se incorporó la información más confiable en cuanto a tiempo de origen,

localización y magnitud. Se tomaron en cuenta solo aquellos sismos con epicentros cuyas coordenadas se localizaron en el Estado de Veracruz y una franja exterior a partir de sus límites políticos de aproximadamente 20 Km de ancho, con la finalidad de incluir sismos de importancia con epicentros cercanos al Estado como el del 28 de agosto de 1973; también se incluye parte del Golfo de México, todo dentro de una ventana comprendida en las coordenadas: Latitud Norte: 17° a 23° y Longitud Oeste: 93° a 99°.

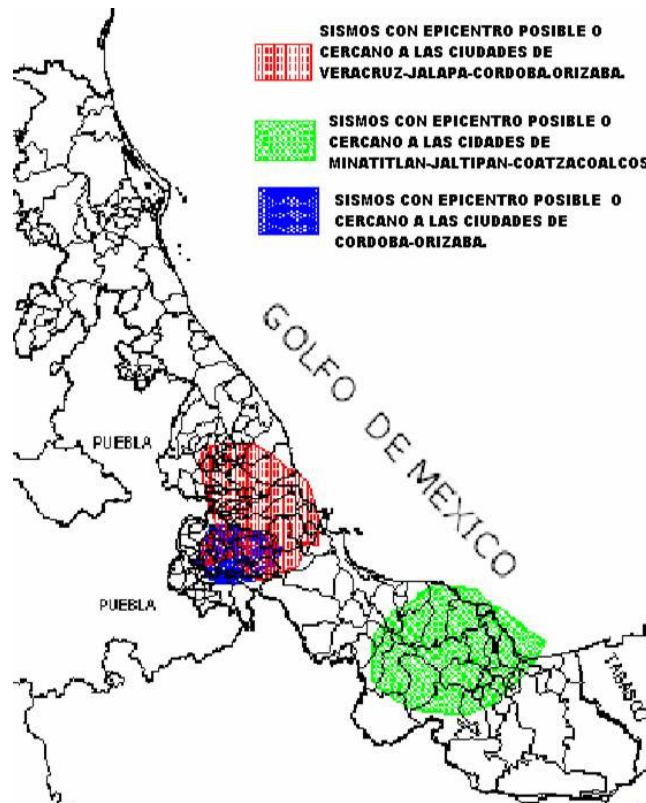


Figura 2.- Zonas de epicentros de sismos históricos

El Catálogo de la Sismicidad de México, sin publicar, 2008 de F. R. Zúñiga, fue una de las bases de datos más completa, y quedó complementada con catálogos nacionales como el del Servicio Sismológico Nacional (SSN), el catálogo de la red sísmica local de Laguna Verde (CFE), el catálogo del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana (REVIS), y el de I. Mora para el Estado de Veracruz, cada uno de ellos en sus diferentes períodos. Se consultó también la agencia internacional U.S. Geological Survey (USGS), que lista los sismos ocurridos en el mundo, del cual se extrajeron los eventos ocurridos en las coordenadas de interés en el período establecido.

Se depuró la base de datos cuidando la duplicidad de un mismo evento, las discrepancias de datos en las diferentes fuentes, la homogeneidad en unidades horarias, se homologaron unidades de magnitud a Ms, se precisaron algunas coordenadas epicentrales y, finalmente se consultaron fuentes de información más recientes de ciertos eventos importantes, que hacen estudios a detalle, con localizaciones y magnitudes más actuales y precisas; a éstos estudios, se les dio prioridad. Se llegó incluso a eliminar a aquellos eventos de grandes magnitudes que solo aparecían en un catálogo, y del que no se hace mención en ninguna otra referencia, por ser su veracidad poco probable. El análisis de la completitud y homogeneidad del catálogo

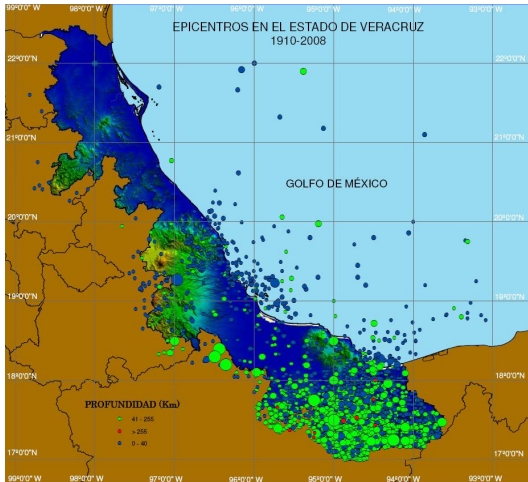


Figura 3a- Epicentros registrados entre 1910 y 2008

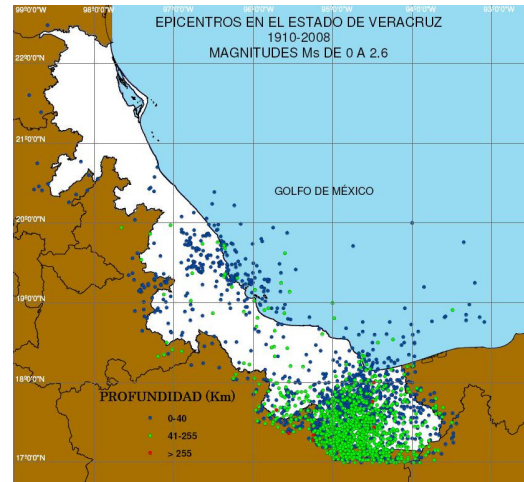


Figura 3b.- Magnitudes $0 \leq Ms \leq 2.6$

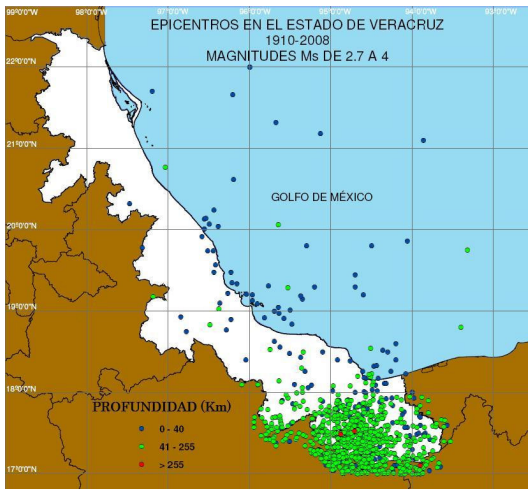


Figura 3c.- Magnitudes $2.7 \leq Ms \leq 4.0$

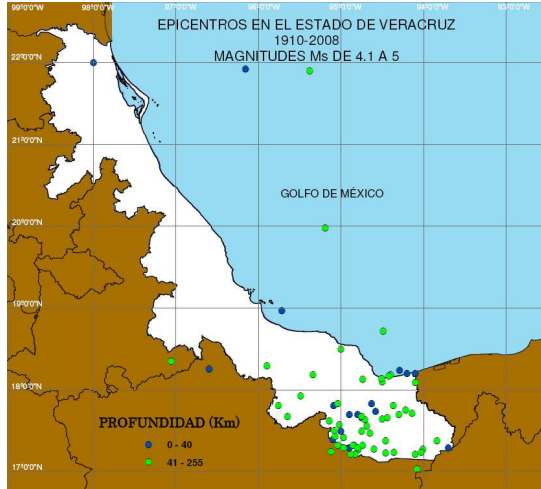


Figura 3d.- Magnitudes $4.1 \leq Ms \leq 5.0$

sísmico, fue realizado con el paquete ZMAP, que usa un conjunto de subrutinas para ese fin y despliega gráficos MATLAB, y para el manejo y presentación de mapas se usó el programa ArcGis.

Así, el catálogo quedó constituido por 3244 eventos, cuya distribución espacial epicentral de la región se muestra en la figura 3a, y las figuras de la 3b a la 3f, muestran la distribución por rangos de magnitud y profundidad. Del análisis de completitud y homogeneidad del catálogo se concluye que éste posee datos confiables a partir de la magnitud de completitud $M_c=2.7$ (figura 4), en esta figura también se observa una desviación en la curva para sismos de magnitud $M_s \geq 6$, sin embargo esto puede ser a falta de un mayor número de registros en un período más largo. El número acumulado de sismos en función del tiempo inicia en un período comprendido entre 1959 y 2008, como se muestra en la figura 5, donde se muestra un incremento en la capacidad de detección de la sismicidad regional. Por tal razón el análisis de sismicidad de la región se hizo para este periodo, dada la mayor cantidad de eventos que aparecen en el catálogo y donde se tiene un reporte más homogéneo y continuo.

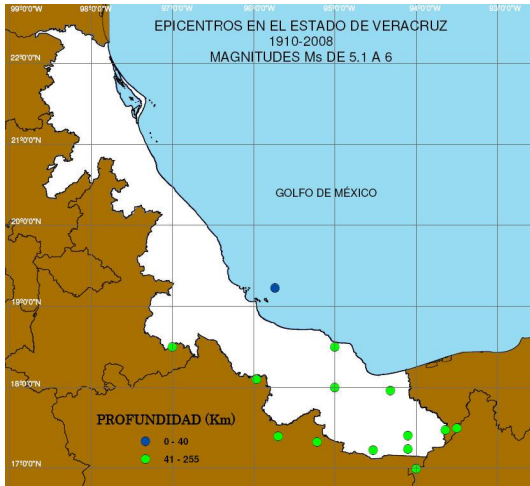


Figura 3e.- Magnitudes $5.1 \leq Ms \leq 6.0$



Figura 3f.- Magnitudes $6.1 \leq Ms \leq 7.5$

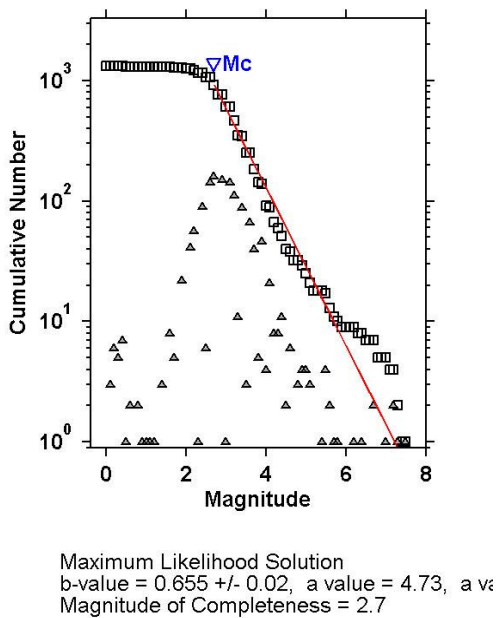


Figura 4.- Relación magnitud frecuencia

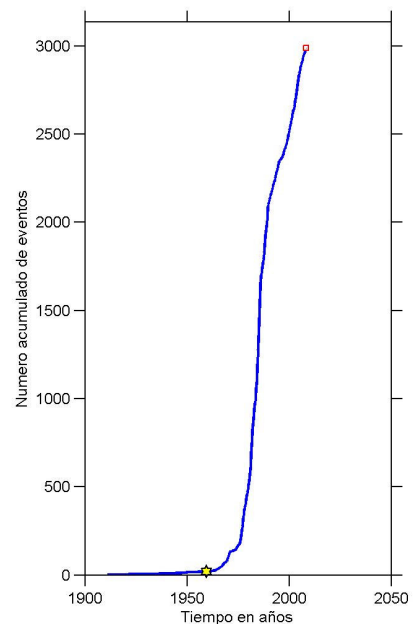


Figura 5.- Capacidad de detección de la sismicidad

ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD EN EL ESTADO DE VERACRUZ

En la figura 3b) y 3c), se puede apreciar una gran actividad sísmica cortical $Ms \leq 4.0$ en el centro y sur de estado, y de un modo más disperso al norte, pero por la escasa o nula densidad de instrumentación en esta última región, posiblemente no sea representativa de su real potencial sísmico.

La figura 3d), muestra una sismicidad de magnitud media, cuyos eventos corticales por su poca profundidad pueden representar problemas en lugares densamente poblados; la cantidad de eventos profundos es mayor al sur del estado.



Eventos corticales de magnitud de moderada a alta, se pueden ver en las figuras 3e) y 3f) y se presentan al centro y sur del estado; constituyen un gran riesgo por sus características de poca profundidad y ubicación cercana a grandes concentraciones poblacionales; además, sismos profundos intraplaca se aprecian concentrados al sur del estado.

Se puede decir que el estado de Veracruz ha presentado entonces casos de sismos profundos (intraplacas) dentro de las placas subducidas, y corticales superficiales, ambos de gran peligro para la población.

FISIOGRAFÍA DEL ESTADO DE VERACRUZ

La mayor parte de México, incluyendo su mar territorial está ubicado dentro de una gran placa tectónica llamada de Norteamérica y la zona de más alto potencial sísmico es en la zona de subducción donde la placa de Cocos se desplaza hacia el continente provocando frecuentes sismos y la definición de los grandes sistemas montañosos del País. Para el Estado de Veracruz (figura 6), las características de su relieve provocadas por tectonismo, lo definen las Provincias Fisiográficas. En el Estado se identifican las siguientes:

Llanura Costera del Golfo Norte: Es, en general, una superficie plana con suave inclinación, donde la altitud va del nivel del mar a 200m, se originó por levantamientos tectónicos del cenozoico caracterizados por formas de planicie costera.

Eje Neovolcánico: Se caracteriza como una enorme masa de rocas volcánicas de diversos tipos, acumulada en numerosos y sucesivos episodios volcánicos que se iniciaron a mediados del Terciario y continuaron hasta el presente. Uno de sus rasgos característicos es la franja de volcanes que se extiende de oeste a este. En esta región se encuentran sierras volcánicas, coladas lávicas, conos cineríticos y depósitos de ceniza.

Llanura Costera del Golfo Sur: En ella se presentan grandes depósitos aluviales por parte de los ríos más caudalosos del país que desembocan en el Golfo de México. La mayor parte de su superficie, con excepción de la Discontinuidad Fisiográfica de Los Tuxtlas y algunos lomeríos bajos, está muy próxima a nivel del mar y cubierta por material aluvial, donde predominan materiales arcillo arenosos, asimismo, es común encontrar extensas superficies bajas sujetas a inundación.

Sierra Madre del Sur: Tiene una litología en la que sobresalen rocas intrusitas y metamórficas. En la sierra Zongolica predominan las rocas calcáreas del Cretácico, sin embargo, afloran esquistos asociados con aluviones antiguos. Sus cumbres exceden los 2000 msnm

Sierra Madre Oriental: Se encuentra en forma más o menos paralela a la costa del Golfo de México. Se inicia en el sur de Texas y termina en el Cofre de Perote, punto de contacto con la Cordillera Neovolcánica. Es fundamentalmente un conjunto de sierras menores de estratos plegados, de rocas sedimentarias del Cretácico y Jurásico Superior, donde predominan las calizas, areniscas y lutitas.

Sierra de Chiapas y Guatemala: Esta formada por sierras constituidas de rocas sedimentarias marinas del Mesozoico, principalmente calizas. Son sierras plegadas con los ejes estructurales orientados este-oeste y afectadas por fallas.

PROPUESTA PRELIMINAR DE REGIONES SISMOTECTÓNICAS DEL ESTADO DE VERACRUZ

Basados en el análisis de los catálogos histórico e instrumental y la fisiografía, se hizo una división preliminar de las regiones sismotectónicas del Estado de Veracruz, tomando consideraciones como: el análisis de localización hipocentral de eventos de características similares (figura 7), las características tectónicas comunes de la zona, mecanismos focales y/o patrones de fallamiento, las características principales de la liberación de energía de los sismos dentro de cada región y se identificaron aquellos eventos cuyas afectaciones a la población resultaron los más nocivos en cada región para analizarlos especialmente. Una referencia relevante como punto de partida lo constituyó el trabajo realizado por R. Zúñiga, *et. al.* "Peligro Sísmico en Latinoamérica y el Caribe", 1997, y se toma la misma nomenclatura para la elaboración de esta propuesta.

Conforme se tengan más registros y mejores datos se pueden hacer estudios más detallados, y se podrán establecer regiones más precisas que las aquí propuestas, con la posibilidad de mayores subdivisiones de la misma, que puede ser el punto de partida para la estimación del riesgo sísmico en estudios futuros.

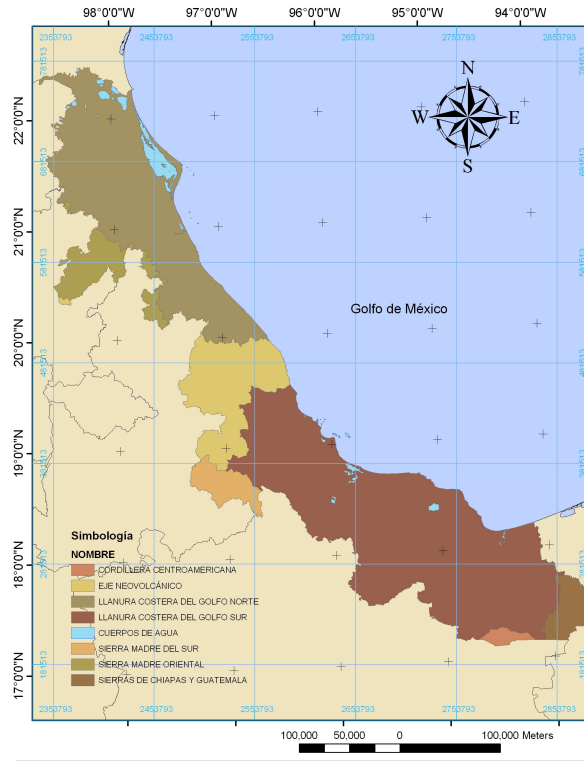


Figura 6.- Fisiografía del estado de Veracruz

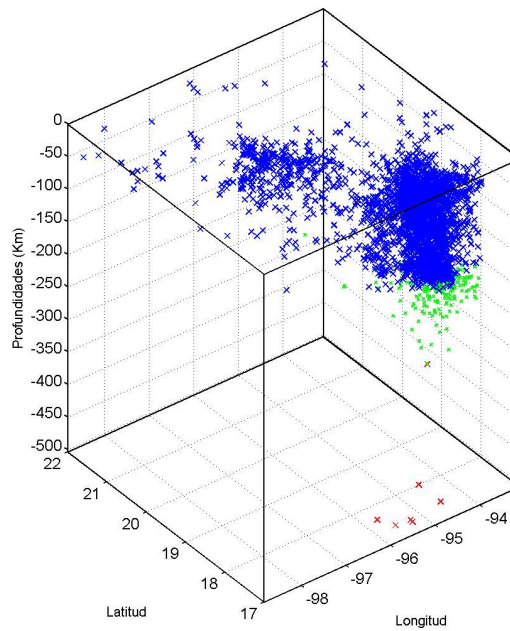


Figura 7.- Localización hipocentral de eventos

La propuesta preliminar de regiones sismotectónicas que dividen al Estado de Veracruz se muestran en la figura 8, y sus características son:



Región MVB:

Como su fisiografía lo indica, se caracteriza por los volcanes que en su área se extienden. La mayoría de los eventos que ocurren en esta zona son de poca profundidad ($h < 40$ km) y baja magnitud ($M_s < 4$). Estos sismos someros, son eventos intraplaca, y se relacionan con la placa Norteamericana (NOAM) y esfuerzos tensionales relacionados con el Cinturón Volcánico Mexicano. Posiblemente el balance entre los esfuerzos producidos por la alta topografía del cinturón volcánico y los inducidos por la interacción de placas, active el mecanismo de fallamiento inverso.

Destaca en esta zona un sismo de poca profundidad ($h=24$ Km.), ocurrido el 4 de enero de 1920 ($M_s=6.4$). Esta clase de sismos por su poca profundidad tienen un gran potencial destructivo de las construcciones.

Región MVB1:

Al igual que la anterior se caracteriza por su alta topografía y actividad volcánica, aunque rodeado de una fisiografía diferente. La mayor actividad sísmica es somera (de poca profundidad y magnitud, $h < 40$ km, $M_s < 4$), sin embargo han ocurrido sismos de profundidad intermedia ($40 \leq h \leq 200$ km) y magnitud $5 \leq M_s \leq 6$, que por su cercanía a centros poblacionales los hace riesgosos.

Región NAM:

Es una zona con una mayoría de eventos intraplaca (NOAM) someros, con una profundidad $h < 40$ km y magnitud $M_s < 4$. La concentración y de los eventos y la tasa de sismicidad de los mismos, permite hacer una subdivisión a:

IN2:

Eventos más dispersos que la IN3 y con menor tasa de sismicidad. La mayoría de los eventos son de mediana a poca profundidad, y magnitud $M_s < 4$. Como un evento importante en sus cercanías (epicentro en Oaxaca) destaca el del 28 de agosto de 1973, con una $M_s=7.3$ y profundidad de 82 km, conocido como el temblor de Orizaba por los daños en esa ciudad.

IN3:

Esta zona cercana al Istmo de Tehuantepec presenta una mayor tasa de sismicidad, y la mayoría de sus eventos son de fallamiento normal y de poca profundidad $h < 40$ km con magnitud $M_s < 4$. En menor tasa hay eventos de profundidad media que ocurren dentro de la placa de subducción, cerca de la colindancia con Oaxaca, pero con mayores magnitudes $6.7 \leq M_s \leq 5$, y profundidades cercanas a los 100 km. Zona cercana a la de transición de la subducción de Cocos por debajo de NOAM, a subducción bajo la placa de Caribe. En el estado destaca el del 11 de agosto de 1948, con una profundidad $h=100$ km, y $M_s=6.7$.

Región GMX:

Es una región con eventos intraplacas someros, donde aunque la sismicidad registrada es escasa, no deja de ser importante por su cercanía a ciudades densamente pobladas y de gran desarrollo, así como de gran peligro para plataformas marinas. Por su magnitud ($M_s=7.5$) y ubicación, vale la pena mencionar el sismo del 26 de agosto de 1959 con una profanidad $h=20$ km cerca de la costa de la ciudad de Coatzacoalcos, el del 11 de marzo de 1967 con una profundidad $h=24$ km y magnitud $M_s=5.6$, ubicado frente a la ciudad y puerto de Veracruz.

Región NAL:

Es una zona de baja actividad sísmica detectada por la red nacional, con eventos solamente localizables por redes de cobertura local. El sismo máximo registrado es de $M_s=4.6$ el 25 de Noviembre de 1966, con profundidad indefinida.



Figura 8.- Regiones Sismotectónicas

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS LOCALIDADES

Se ubicaron geográficamente las redes y estaciones de registro sísmico existentes en el estado de Veracruz y los estados colindantes como las estaciones localizadas en Oaxaca, Puebla, Chiapas y Tabasco, y se investigaron algunas de sus principales características.

Se articularon los instrumentos disponibles antes descritos y se procedió a seleccionar los sitios para la ubicación de estaciones de registro sísmico. También se consideraron aspectos como la seguridad de las estaciones e infraestructura de servicios, incluyendo la de acceso. En la figura 9, se presenta la propuesta de instrumentación, complementada con las Tablas 1 a 4.

En ciudades importantes por su potencial desarrollo, como Coatzacoalcos y Minatitlán, se recomienda colocar una estación temporal en terreno blando en el caso de que las estaciones permanentes existentes estén en terreno firme (Ver figura 9, estaciones 4 y 5), con la finalidad de contar con registros simultáneos que permitan realizar los estudios necesarios para conocer la respuesta dinámica local de los suelos. Lo anterior nos permitirá elaborar reglamentos municipales de construcción que contemplen la seguridad sísmica de las estructuras.

CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO E INSTALACIÓN DE LA RED

Se recomienda la instalación de estaciones en terrenos firmes, tomando en cuenta otras consideraciones como: la topografía, geología, hidrología y geotecnia, que determinarán en su momento la ubicación exacta y el diseño de las bases de apoyo de cada una de las estaciones.

Deberán evaluarse las características de los aparatos de registro existentes en el mercado para elegir el idóneo de acuerdo a su costo directo, capacidad de almacenaje, accesorios, mantenimiento, servicios, etc., tomando en consideración el sitio de instalación y otros factores de interés.

Los equipos de registro, deberán ser instalados de acuerdo al proveedor y se tomarán las medidas necesarias para la protección de ellos ante agentes locales como: inundaciones, descargas eléctricas o cambios de voltaje, corrosión, altas o bajas temperaturas y vandalismo principalmente. Se colocarán los accesorios periféricos necesarios para la adquisición de los registros, como son: baterías, cables, ductos, sistema de posicionamiento global, celdas solares para lugares remotos sin corriente eléctrica, acceso vía modem donde se requiera. Algunos equipos, cuentan con puertos de comunicación compatible con computadora personal y línea telefónica vía modem. Este recurso permite revisar y/o cambiar parámetros de operación y verificar la calibración correcta de los sensores.

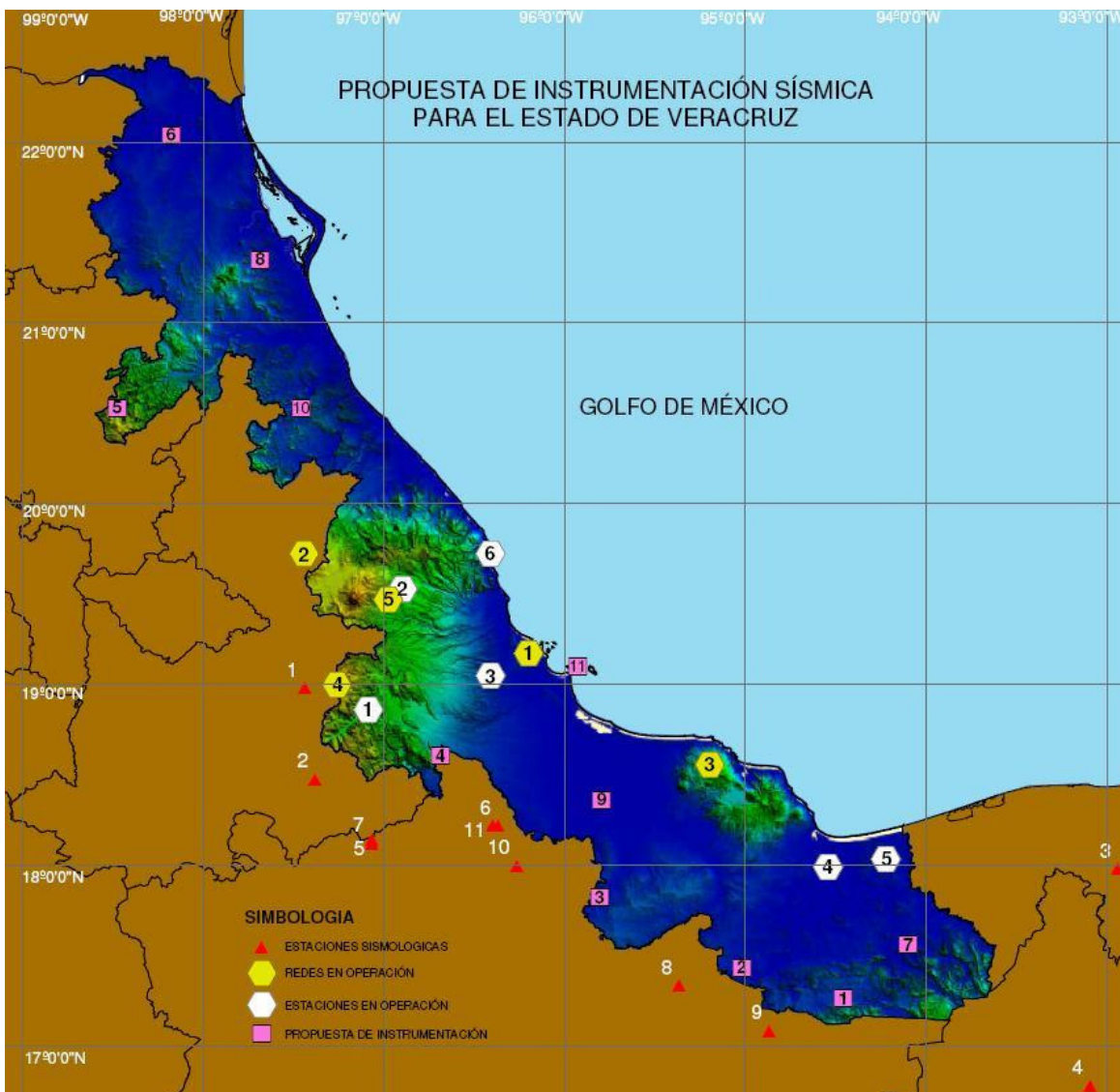


Figura 9.- Propuesta de Instrumentación

Tabla 1.- Propuesta de Instrumentación

No.	UBICACIÓN	COORDENADAS	
		LONG	LAT
1	CHINANTLA	-94.46	17.26
2	JESUS CARRANZA	-95.02	17.43
3	PLAYA VICENTE	-95.81	17.82
4	TEZONAPA	-96.68	18.60
5	HUAYACOCOTLA	-98.48	20.53
6	PANUCO	-98.18	22.04
7	ALTO UXPANAPA	-94.10	17.56
8	NARANJOS	-97.69	21.35
9	COSAMALOAPAN	-95.80	18.36
10	POZA RICA	-97.46	20.53
11	ISLA DE ENMEDIO	-95.93	19.10

Tabla 2.- Estaciones dentro del Estado

No.	INSTITUCIÓN	UBICACIÓN	COORDENADAS	
			LONG	LAT
1	RSM - UNAM	ORIZABA	-97.09	18.86
2	RSM - UNAM	XALAPA	-96.90	19.53
3	RSM - UNAM	SOLEDAD DE DOBLADO	-96.41	19.04
4	RSM - UNAM	MINATITLAN	-94.54	17.99
5	SSN	COATZACOALCOS	-94.22	18.03

Tabla 3.- Redes dentro del Estado

No.	INSTITUCIÓN	UBICACIÓN	COORDENADAS	
			LONG	LAT
1	REVIS - UV	VERACRUZ	-96.20	19.17
2	CFE	HUMEROS	-97.45	19.72
3	CCTUV	SAN MARTIN	-95.20	18.55
4	CENAPRED	PICO DE ORIZABA	-97.26	19.00
5	CCTUV	XALAPA	-96.98	19.47



Tabla 4.- Estaciones Sismológicas fuera del estado

No.	INSTITUCIÓN	COORDENADAS	
		LONG	LAT
1	RSM-UNAM	-97.44	18.98
2	RSM-UNAM	-97.38	18.47
3	RSM-UNAM	-92.93	17.98
4	RSM-UNAM	-93.08	16.77
5	CFE	-97.06	18.14
6	ITO	-96.37	18.22
7	ITO	-97.07	18.12
8	II-UNAM	-95.36	17.33
9	II-UNAM	-94.86	17.08
10	SASO	-96.26	18.00
11	SASO	-96.40	18.21

CONCLUSIONES

Es necesaria la ampliación en la cobertura de registros en el estado si queremos a futuro ser más precisos en el estudio del peligro sísmico, que pueda reflejarse en una reglamentación cada más acorde a las condiciones locales, que reduzca el riesgo en las construcciones, y de mayor certidumbre a un desarrollo sustentable del Estado de Veracruz.

Por otro lado, la operación de la red debe ser permanente, y para ello es necesaria la coordinación de un grupo de especialistas. El mantenimiento y actualización de la red, también es un trabajo constante, ya que las estaciones deben cumplir con los requisitos mínimos establecidos en redes similares para ser consideradas como confiables, y deben funcionar las 24 horas del día los 365 días del año para asegurar el éxito de la red. Se propone una coordinación estatal, donde se concentren los registros de todas las estaciones ubicadas en el estado, y donde se realicen trabajos de análisis más precisos de la sismicidad regional, que puedan ser compartidos y avalados por el Servicio Sismológico Nacional.

Divulgar los registros, debe ser uno de los objetivos principales de la red, por la importancia que estos tienen para la investigación básica, que aplicada en medidas preventivas como en la ingeniería sísmica, contribuyen significativamente en los trabajos de evaluación y actualización de normas para el diseño sísmico de construcciones de obras civiles.

RECONOCIMIENTOS

Estos trabajos son financiados por los Fondos Mixtos CONACYT-Gobierno del estado de Veracruz (FOMIX) y forma parte del proyecto: "Propuesta de zonificación sísmica para el estado de Veracruz" (2007-2009).

Al Dr. Ramón Zuñiga por la información de sismos instrumentales.

A los alumnos Sara Pérez Torres y Rigoberto Hernández Cuevas, de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Veracruzana, por su participación en el procesado de la información y el dibujo de mapas.

REFERENCIAS

Castro R. y Nava E. (1986), **"Análisis de la actividad sísmica local en la zona de Laguna Verde, Ver., durante 1985"**, Instituto de Ingeniería, UNAM.

Ponce L. y Suarez G. (1985), **"Evolution of seismicity and of the maximum earthquakes potencial at the Laguna Verde nuclear power plant"**, Instituto de Geofísica, UNAM.

Singh S., Rodriguez M. y Espíndola J. (1984), "**A Catalog of shallow earthquakes of México from 1900 to 1981**", Bulletin of the seismological of America, Vol. 74, No. 1, pp. 267-279.

Singh S., Rodriguez M., y Esteva L.(1983), "**Statistics of occurrence of small earthquakes and frequency of large earthquakes along the mexican subduction zone**", Bulletin of the Seismological Society of America, vol 73, no 6, pp. 1779-1796.

Suter M., Carrillo-Martinez M., y Quintero-Legorreta O. (1996), "**Macroseismic Study of Shallow Earthquakes in the Central and Eastern Parts of the Trans-Mexican Volcanic Belt, Mexico**", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 86, No. 6, pp. 1952-1963.

Williams F., Riquer G., Leyva R. y Torres G. (2003), "**Red Acelerográfica de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río**", Memorias del XIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Guanajuato-León, México.

Zúñiga F.R. y Wyss M. (1995), "**Inadvertent changes in magnitude reported in earthquake catalogs: Influence on b-value estimates**", Bulletin of the Seismological Society of America, V.85, 1858-1866.

Zúñiga F.R., Shepherd J.B. y Tanner J.G. (1996), "**Estado del proyecto sobre riesgo sísmico en Latinoamérica y El Caribe**", Memorias del Simposio Internacional sobre Riesgos Naturales e Inducidos en los Grandes Centros Urbanos de América, Latina Instituto, Italo-Latinoamericano, UNAM, CENAPRED, Quadaderni IILA, Serie Scienza 6.

Zúñiga F.R., Suárez G., Ordaz M. y García- Acosta V. (1997), "**Proyecto: Peligro Sísmico en Latinoamérica y el Caribe**"; Reporte final, Capítulo 2; Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo; Ottawa, Canadá.

Zúñiga F.R., (2008), "**Catálogo de la sismicidad de México**", Sin publicar.

